

# **Моделювання теплового поля в ріжучій пластині в залежності від режимів різання**

**О.А. Гончаров<sup>1</sup>, Є.В. Мироненко<sup>2</sup>, А.М. Юнда<sup>1</sup>, Л.В. Васильєва<sup>2</sup>,  
С.В. Коваль<sup>1</sup>, Д.О. Білоус<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Сумський державний університет, Суми*

*<sup>2</sup>Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ*

Чисельне моделювання процесів теплообміну в даний час набуває великого значення тому, що для сучасної науки і техніки необхідний достовірний прогноз таких процесів. Експериментальне вивчення теплових процесів в лабораторних або натурних умовах дуже складне і потребує багато грошових ресурсів, а в деяких випадках це є просто неможливим. Чисельне моделювання процесів теплопереносу все успішніше входить в практику роботи різних науково-дослідних, проектно-конструкторських і виробничих установ.

Уже відомо, що в процесі обробки, максимальна температура генерується на поверхні ріжучого інструменту. Передача тепла в процесі різання є дуже складним процесом, оскільки зі збільшенням температури змінюються фізичні та механічні характеристики металевих конструкцій [1]. Температура, що діє на робочу поверхню безпосередньо впливає на знос інструменту, обмежує застосування більш швидкісних режимів різання, тобто обмежує максимальні умови продуктивності і строк служби інструменту.

Приблизно 85–90% тепла, що утворюється при різанні, є результатом перетворення роботи різання в теплоту. Решта роботи витрачається на деформацію кристалічної решітки. Температура у зоні різання, яка є основним фактором, що визначає процес різання, зростає завдяки збільшенню кількості підведеної теплоти. Від неї залежить сила тертя, усадка стружки, сила різання, знос інструменту.

## **Постановка задачі та математична модель**

В даній роботі проводиться дослідження теплового поля у перерізі різця (сталь 40х) з твердосплавною пластиною Т15К6.

Змоделюємо тепловий процес, який протікає у різці (Рис.1).

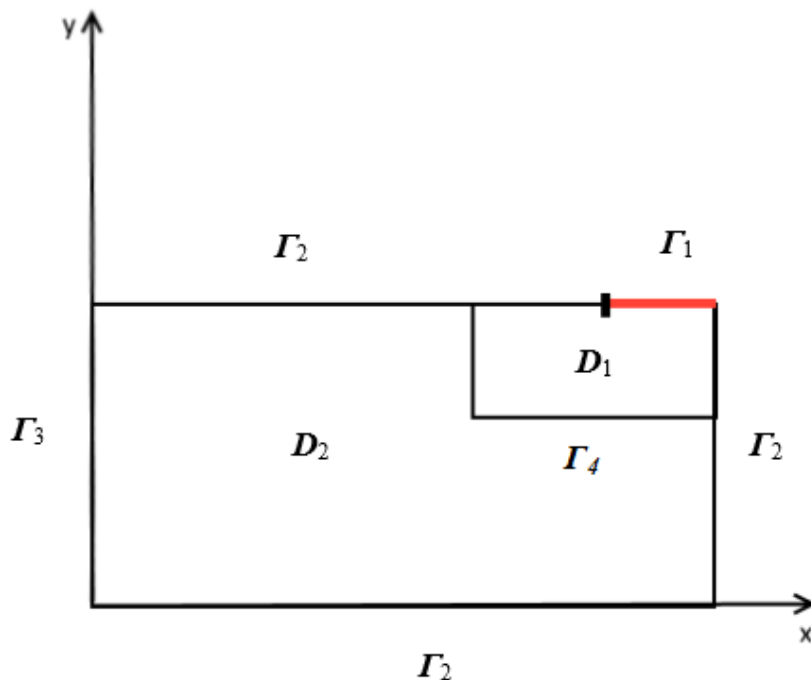


Рисунок 1 – Область рішення

Область рішення  $D$  розділена внутрішньою границею  $\Gamma_4$  на дві підобласті  $D_1$  (ріжуча пластина) та  $D_2$  (державка різця). Зовнішня границя  $\Gamma$ , розділена на три ділянки  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ ,  $\Gamma_3$ . На границі  $\Gamma_1$  відбувається конвективний теплообмін із нагрітою стружкою. На границі  $\Gamma_2$  задані умови конвективного теплообміну із зовнішнім середовищем (повітрям), тобто задані граничні умови 3-го роду. На границі  $\Gamma_3$  задані граничні умови 1-го роду, так як там знаходиться державка різця і можна вважати температуру сталою.

Теплове поле у області рішення описується системою рівнянь теплопровідності:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) T_1, & x, y \in D_1; \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) T_2, & x, y \in D_2, \end{cases}$$

у сукупності із граничними умовами:

$$\begin{cases} t = 0, & x, y \in D: & T_{1,2}(x, y, 0) = T_0; \\ t > 0, & x, y \in \Gamma_1: & \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial \mathbf{n}} = -h_1(T_1 - T_0); \\ t > 0, & x, y \in \Gamma_2: & \lambda_{1,2} \frac{\partial T_{1,2}}{\partial \mathbf{n}} = -h_{1,2}(T_{1,2} - \theta); \\ t > 0, & x, y \in \Gamma_3: & T_2(x, y, t) = T_0, \end{cases}$$

де  $\mathbf{n}$  – нормаль зовнішня до  $\Gamma$ ,  $h$  – коефіцієнт конвективного теплообміну із зовнішнім середовищем,  $T_0$  – температура зовнішнього середовища,  $\theta$  – температура в зоні різання; та умовами спряження на границі  $\Gamma_4$ :

$$\begin{cases} T_1(x, y, t) = T_2(x, y, t), & x, y \in \Gamma_4; \\ \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} \Big|_{\Gamma_4} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} \Big|_{\Gamma_4}. \end{cases}$$

Температура в зоні різання  $\theta$  залежить від багатьох параметрів, таких, як: вид матеріалу заготовки; стан знімаємого шару; геометричні параметри різального інструменту та режими різання, а саме – швидкість різання  $v$ , подача  $s$ , глибина різання  $t$  [2].

### Чисельна реалізація

На сьогоднішній час розроблено ряд методів моделювання для теплових процесів, серед яких метод скінченних елементів (МСЕ) має особливе місце [3]. У нашому дослідженні розподіл температури в інструменті моделюється саме за допомогою методу скінченних елементів. Створено оригінальну програму для проведення чисельних розрахунків, яка здатна розв'язувати СЛАУ з великою кількістю невідомих за мінімальних системних вимог до ЕОМ. Елементи створеної програми можуть бути використані для чисельних розрахунків при розв'язанні подібних задач.

### Література

1. A.N. Reznikov, L.A. Reznikov, *Teplovie procesi v tehnologicheskikh sistemah [Thermal processes in technological systems]* (Moscow: Mashinostroenie: 1990) in Russian).
2. Мироненко, Е. В. Оптимизация режимов резания при обработке на тяжелых токарных станках с учетом энергозатрат / Е. В. Мироненко, В. С. Гузенко, Л. В. Васильева, О. Е. Мироненко // *Вестник Нац. ун-та "ХПИ"* : сб. науч. тр. Темат. вып. : Технологии в машиностроении. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2010. – № 40. – С. 62-70.
3. Л. Сегерлинд (Перевод с англ. канд. физ.-мат. Наук А. А. Шестакова, под редакцией д-ра физ.-мат. Наук Б.Е. Победри). *Применение метода конечных элементов*; издательство «Мир», Москва 1979. – 392 с.